

Le sorgenti petrificanti - aspetti vegetazionali

Introduzione

La stretta associazione fra alcune specie di briofite e cianobatteri e i depositi di travertino ha suggerito che questi organismi fotosintetici possano influire positivamente sul meccanismo di formazione di queste rocce.

La peculiarità dell'ambiente in cui si manifesta questo processo di deposizione è stata recepita a livello dell'Unione Europea. Infatti, nella Direttiva 92/43/ECC “le sorgenti di acqua dura con formazione attiva di travertino o tufo del *Cratoneurion commutati*” sono considerate come habitat prioritario.

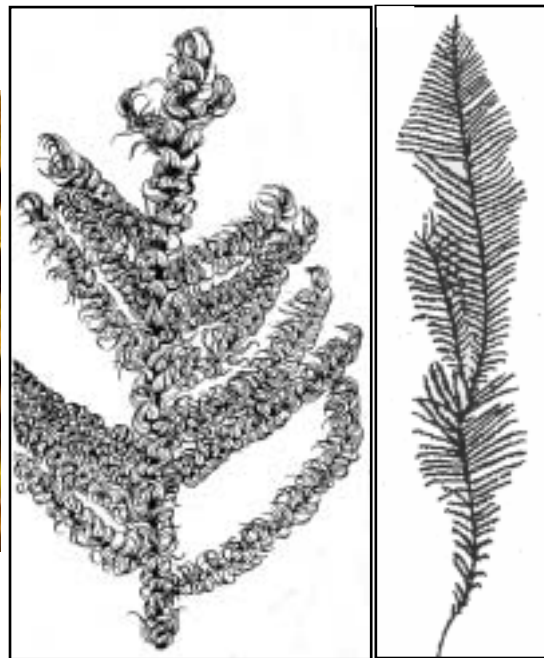
Nelle sorgenti petrificanti si rinviene una elevata biodiversità, con la presenza di ascomiceti lichenizzati (*Ascomycota*), di colonie di cianobatteri (*Cyanophyta*) e di alghe eucariote (*Rhodophyta*, *Xanthophyta* e *Chlorophyta*), di epatiche (*Marchantiophyta*), di muschi (*Bryophyta*) e di tracheofite (*Polypodiophyta*, *Pinophyta* e *Magnoliophyta*).

Tra le specie di muschi più comunemente associate con i depositi di travertino, troviamo il muschio *Palustriella commutata* (Fig. 23), un tempo chiamato dai biologi *Cratonueron commutatum*, da cui discende la denominazione fitosociologica dell'alleanza *Cratoneurion commutati* data alle sorgenti petrificanti nella Direttiva Habitat.

Le comunità delle sorgenti petrificanti del *Cratoneurion* appartengono dal punto di vista fitosociologico alla classe *Montio-Cardaminetea*, e più precisamente secondo le più recenti revisioni sarebbero da ricondurre all'alleanza *Adiantion*.



Fig. 23 - Ciuffi del muschio *Palustriella commutata* privi di incrostazioni.



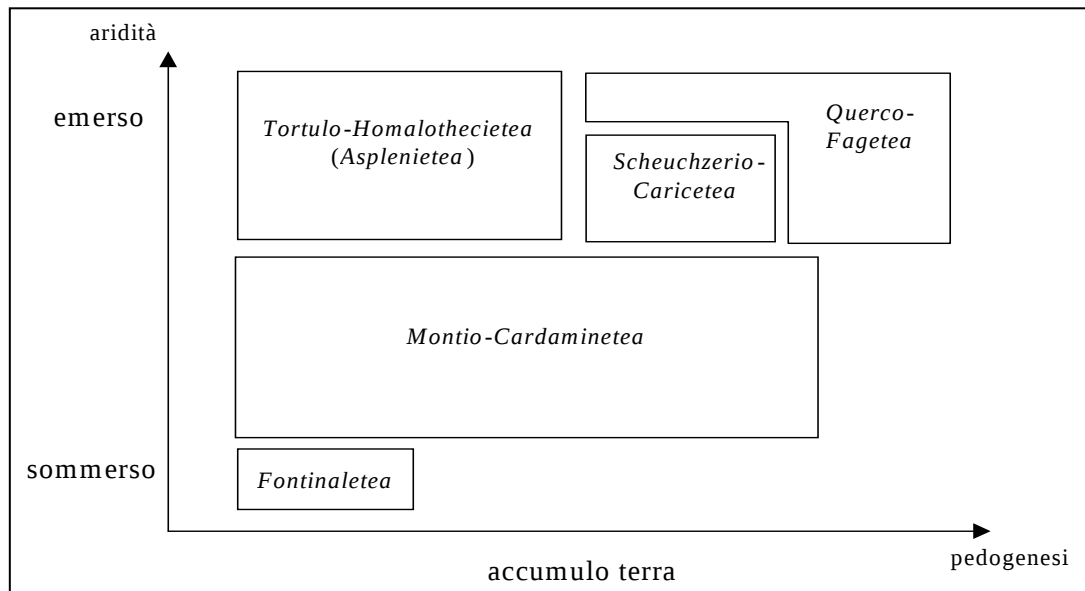
Fattori che condizionano la dinamica ecologico-evolutiva delle sorgenti petrificanti

Due fattori ecologici condizionano principalmente le sorgenti petrificanti: il livello di aridità e l'accumulo di terra. Tuttavia, occorre sottolineare che questi due fattori sono tra loro inversamente correlati, così come il grado di umidità è positivamente correlato con la velocità della corrente. Da queste relazioni si desume un impedimento all'accumulo di terra in presenza di un flusso d'acqua, che dilava, anche solo periodicamente, i substrati rocciosi.

In funzione dell'accumulo di terra e dell'aridità è possibile distinguere:

- comunità non interessate dall'accumulo di terra e pressoché permanentemente sommerse, ascrivibili fitosociologicamente alla classe *Fontinaletea*;
- comunità tolleranti forti stress idrici, pressoché prive di accumulo di terra, avvicinati alla classe *Tortulo-Homalothecietea*;
- comunità tolleranti forti stress idrici e con un progressivo processo di pedogenesi, ascrivibili a vegetazioni dominate da piante vascolari (*Scheuchzerio-Caricetea* e *Quercu-Fagetea*);

- comunità ecologicamente versatili, ma caratterizzati da uno scarso o nullo accumulo di terra, in condizioni idriche variabili, sebbene in massima parte con apporto costante di acqua sorgiva, riferibili alla classe *Montio-Cardaminetea*.



La presenza quindi di numerose comunità di *Montio-Cardaminetea* accanto ad altre, spazialmente ed ecologicamente limitrofe (*Fontinaletea*, *Scheuchzerio-Caricetea* e *Tortulo-Homalothecietea*), definisce quindi un mosaico di comunità principalmente influenzato dal grado di emersione-sommersione e dall'accumulo di terra.

Lo sviluppo delle comunità subacquee della classe *Fontinaletea* è fortemente limitato, poiché i corsi d'acqua presentano un moto mediamente turbolento e una bassa profondità (mediamente da alcuni centimetri a qualche decimetro). Al contrario le comunità della classe *Montio-Cardaminetea* trovano condizioni ideali di crescita, sia per le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, sia per le condizioni di parziale immersione. Le comunità di questa classe assumono quindi un ruolo centrale nell'ecosistema dei bacini, quantunque siano spesso limitati ad esili lembi nella vegetazione-forestale (*Quercus-Fagetea*) o nei fen alcalini (*Scheuchzerio-Caricetea*), e quindi si arricchiscono di elementi propri di questi tipi di vegetazione. Di rado le comunità di *Montio-Cardaminetea* possono ricoprire estese superfici, come nei grandi corpi di travertino. In condizioni di ridotto apporto idrico, ma senza che si concretizzi

un principio di accumulo di terra, gli elementi di *Montio-Cardaminetea* si rarefanno a vantaggio di specie maggiormente tolleranti condizioni di stress idrico. Queste specie costituiscono elementi ascrivibili alla classe *Tortulo-Homalotheietea*. Questa classe può essere inoltre considerata come la componente a crittogame (synusia) della classe *Asplenetea*.

Il livello di emersione-sommersione sembra soprattutto influenzare la componente a crittogame. Le vascolari sono relegate in situazioni con un discreto accumulo di suolo (un'eccezione a quest'affermazione è rappresentata da *Adiantum capillus-veneris*, che cresce direttamente sui tappeti di briofite).

Fattori che condizionano la deposizione di travertino

La deposizione di travertino promossa dall'attività fotosintetica delle piante è stata suggerita originariamente da Cohn (1864). Secondo questo autore la fotosintesi altererebbe l'equilibrio carbonato-bicarbonato, rimuovendo anidride carbonica e innalzando così il pH con conseguente deposizione di carbonato di calcio. Questo tipo di travertino sarebbe definito meteogeno (Pentecost & Viles, 1994), poiché la CO₂ proviene dalla superficie (p.e. suolo e rocce) e dall'atmosfera.

Solo recentemente è però stata dimostrata sperimentalmente l'influenza che le briofite hanno nel processo di travertinizzazione (Pentecost, 1996). È stato infatti stimato che un massimo del 10% sia depositato attraverso il processo di fotosintesi. Un valore compreso tra 10 e 20% sarebbe invece attribuibile all'evaporazione, con quest'ultima correlata positivamente con la temperatura dell'aria. Tuttavia, l'evaporazione ha un ruolo rilevante se la temperatura dell'acqua è superiore a quella dell'aria (Pentecost, 1999). Il rimanente 70-80% della deposizione avverrebbe per rilascio d'anidride carbonica nell'atmosfera.

Sulla base degli studi di Pentecost (2000), la fonte di CO₂ utilizzata nella fotosintesi dalle briofite varierebbe in rapporto alla disponibilità. In alternativa alla CO₂ atmosferica, quando disponibile, sarebbe utilizzata la CO₂ disciolta nell'acqua sorgiva, assai più ricca di questo gas (Pentecost, 1998).

Le colonie di briofite costituiscono un'intelaiatura adatta alla cristallizzazione del carbonato di calcio (Pentecost, 1996). Strutture differenti di travertino si generano da

diverse specie di briofite, seppure altri materiali vegetali e l'ambiente in cui la deposizione chimico-fisica avviene, possano influire sul fabric (Pentecost, 1999).

La deposizione di travertino è sempre associata alla presenza d'organismi, in particolare di briofite e cianobatteri. La deposizione in presenza di altri gruppi vegetali è del tutto secondaria (p.e. nelle alghe verdi), così come sono rari i fenomeni di incrostazioni legati ad un semplice processo di deposizione chimico-fisica in sito.

In particolare, si sono osservati fenomeni consistenti di deposizione nelle colonie costituite dai muschi *Eucladium verticillatum*, *Hymenostylium recurvirostrum* e *Palustriella commutata*, e dai cianobatteri *Phormidium incrustatum*, *Rivularia haematites* e *Schizotrix fasciculata* (Fig. 23-24-25-26).

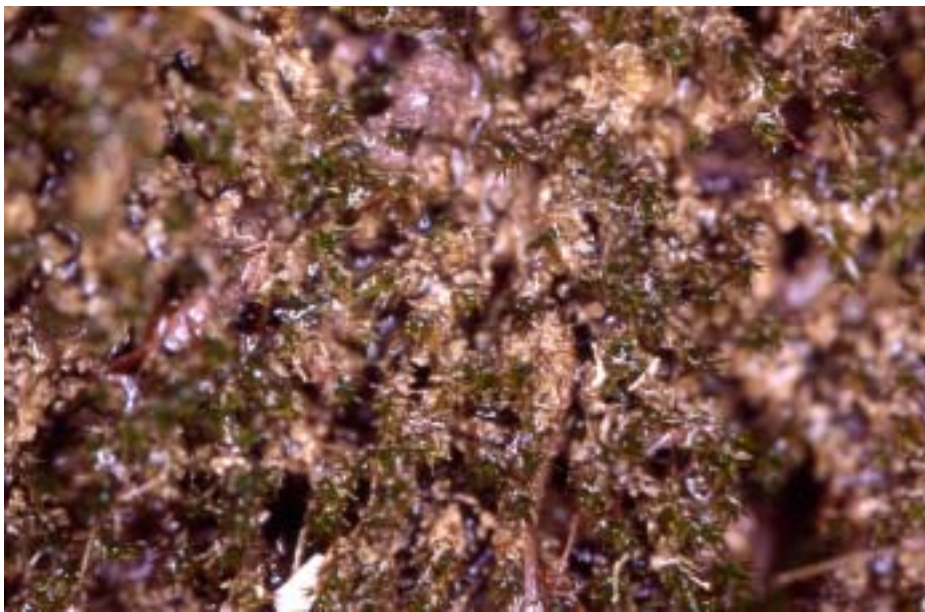
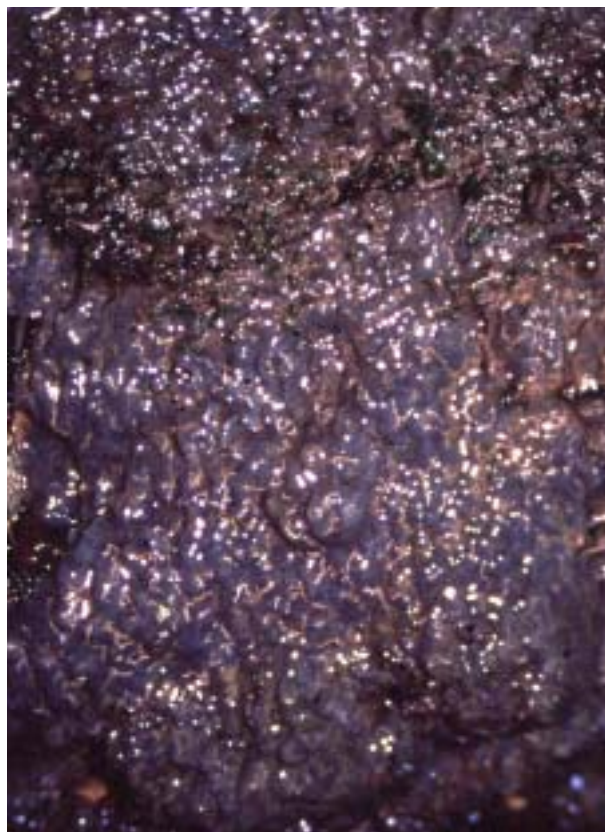


Fig. 24 - Colonia notevolmente incrostata del muschio *Hymenostylium recurvirostrum*



Fig. 25 - Sezione di una colonia del cianobatterio *Rivularia haematites*

Fig. 26 - Deposizioni grigio-bluestre del cianobatterio *Phormidium incrustatum*



Nel complesso l'apporto al processo di travertinizzazione dei muschi sopra citati è notevole rispetto a quello dei cianobatteri. Quest'affermazione è soprattutto suffragata dall'evidente osservazione che la biomassa dei muschi è decisamente superiore a quello dei cianobatteri. Pentecost (1998) stima infatti un tasso di crescita di *Palustriella commutata* piuttosto variabile, compreso tra 0.1 e 1.1 cm/anno, anche se riporta valori eccezionali di 7-8 cm/anno. Questi valori sono comunque superiori a quelli riportati dallo stesso autore (Pentecost, 1990) per l'accrescimento delle colonie di cianobatteri, quantificabile in 0.4-2.5 mm/anno.

La deposizione di travertino ad opera di cianobatteri è promossa sia per mezzo dell'attività fotosintetica, sia per la biosintesi di strutture (p.e. mucillagini) in grado di favorire la formazione di cristalli di carbonato di calcio (Pentecost, 1990). Occorre infine sottolineare come spesso microalghe (p.e. diatomee) si rinvengano associate ai ciuffi di briofite e possano anch'esse cooperare al processo d'incrostazione (Pentecost, 1998).

La presenza di alcune specie sembra quindi condizionare positivamente la formazione di travertino. La deposizione di travertino non avviene però in modo omogeneo, anche se in alcune comunità la travertinizzazione è un processo piuttosto comune. La deposizione è quindi vincolata a sottili variazioni nei fattori abiotici, che incidono talvolta solo marginalmente nella composizione floristico-vegetazionale, ovvero la travertinizzazione sembra essere un processo trasversale che interessa varie comunità di *Adiantion*, quando intervengono particolari condizioni microambientali.

Dal punto di vista ecologico le comunità di *Montio-Cardaminetea* sono caratterizzate rispetto alle comunità di acque lentiche dalla relativa bassa temperatura e dall'elevato livello di saturazione in ossigeno dell'acqua, risultato del regime turbolento del corpo idrico. Le vegetazioni di *Adiantion* sono a loro volta caratterizzate da acque mediamente con pH 7.8, durezza maggiori di 9° tedeschi e temperature superiore a 10 °C (Zechmeister & Mucina, 1994).

Se le condizioni chimiche delle acque necessarie al processo di travertinizzazione sono quindi rispettate, la deposizione di travertino deve essere pertanto influenzata da altri fattori abiotici, attivi su piccola scala. Tra questi fattori rientrano il grado di umidità. Un eccessivo apporto idrico potrebbe di fatto sminuire il contributo dell'evaporazione al processo di deposizione, nonché alterare la composizione floristica

della comunità. In antitesi, il disseccamento della comunità ha effetti negativi sul processo di travertinizzazione, in quanto richiede flussi d'acqua sorgiva persistenti. Anche la velocità della corrente influenza il fenomeno. Il processo di travertinizzazione compare di preferenza in presenza di stillicidi o deboli flussi d'acqua, anche se la deposizione può anche manifestarsi con correnti maggiormente turbolenti. In queste situazioni possono però prevalere specie poco o per nulla interessate dal processo di travertinizzazione, dato il basso grado di reofilia degli elementi di *Montio-Cardaminetea* interessati dai processi di travertinizzazione. Inoltre, si possono instaurare processi di erosione del substrato roccioso. Un altro fattore che condiziona il processo di travertinizzazione è l'inclinazione del substrato. A valori crescenti di inclinazione, corrisponde un crescente valore di deposizione di travertino, con massimi valori riscontrabili in presenza di rocce subverticali. Il fattore inclinazione assume un ruolo fondamentale nella precipitazione del carbonato di calcio, poiché le elevate pendenze favoriscono il rilascio di anidride carbonica nell'atmosfera. La degassificazione fornisce, infatti, il maggiore contributo al processo di travertinizzazione (Pentecost, 1996).

Principi per la gestione delle sorgenti petrificanti

La deposizione di travertino è correlata a definiti fattori ambientali, nonché alla presenza di determinate specie di briofite e cianobatteri. Entrambe le componenti abiotiche e biotiche sono comunque tra loro intimamente correlate. La gestione delle sorgenti petrificanti deve quindi essere focalizzata alla conservazione delle condizioni necessarie al processo di travertinizzazione che coinvolgano entrambe le componenti. Tale gestione non può essere mirata ai soli complessi di travertino, ma deve coinvolgere l'intero bacino idrico dell'area di studio. In quest'ottica, qualsiasi intervento gestionale nel bacino deve essere valutato anche per le possibili ricadute sulle sorgenti petrificanti.

Fattori favorevoli al processo di travertinizzazione per opera di microrganismi sono indicati da Pentecost (1990) e sono riportati dalla seguente tabella.

Bassi livelli di:	Alti livelli di:
- portata *	- insolazione *
	- temperatura dell'acqua *
	- disponibilità di azoto *
- inquinamento delle acque *	- disponibilità di silicio (diatomee)
	- CO ₂ e HCO ₃ ⁻ *
- sostanze vegetali inibitrici della precipitazione dei carbonati	- secrezioni di mucillagine
	- biomassa / unità di superficie *

Questi fattori sono genericamente riferiti ad alghe e cianobatteri, ma possono in parte influenzare anche la presenza di briofite (fattori contrassegnati con un asterisco).

Si evidenzia da questa tabella come i parametri chimico-fisici siano fondamentali nel processo di travertinizzazione. Tuttavia occorre prestare attenzione non solo a possibili episodi di inquinamento, ma pure ad altre modificazioni delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, per esempio relative a fenomeni di erosione e smottamenti che determinano il trasporto di materiale in sospensione nelle acque dei torrenti.

Un breve accenno è necessario per quanto riguarda il fattore luce. Le specie di briofite sembrano tollerare una maggiore variabilità per questo fattore rispetto ai cianobatteri, potendo crescere copiosamente anche in assenza di luce diretta. Inoltre, la luce può influenzare la temperatura dell'acqua e quindi l'evaporazione.

Le sorgenti petrificanti possono essere in contatto con i fen calcarei e anche prati magri. La gestione di questi ambienti e, in particolare il contenimento della componente arboreo-arbustiva, sembra essere consona al mantenimento dello stato di conservazione anche delle sorgenti petrificanti limitrofe.

Un possibile effetto negativo sulle comunità delle sorgenti petrificanti è anche dato dalla caduta di alberi nel letto dei torrenti. Si crea così una diga naturale, con esiti diretti sia sul regime, sia sulla morfologia del tratto a monte. L'asportazione dei tronchi

nonché di altro materiale che ostruisca il corso dei torrenti, sarebbe in questo caso necessaria.

Accanto a questo livello di gestione che potremmo definire di mesoscala, cioè a livello di ecosistema, l'esistenza di microfattori ambientali influenti sul processo di travertinizzazione. La successiva tabella riporta in modo schematico questi fattori, che influiscono positivamente sul processo di deposizione del travertino.

Fattori biotici:	Fattori abiotici:
elevate coperture di briofite (<i>Palustriella</i> , <i>Hymenostylium</i> e <i>Eucladium</i>)	Elevato apporto di acqua sorgiva
	Velocità della corrente moderata (meglio se stillicidio)
elevate coperture di cianobatteri (<i>Phormidium</i> , <i>Rivularia</i> e <i>Schizotrix</i>)	Basso grado di disseccamento
	Elevata inclinazione del substrato (pareti sub-verticali)

La maggior parte di questi fattori, in particolare quelli abiotici, incide su piccola scala (variazioni del gradiente ecologico ravvisabile nell'ordine di pochi decimetri o addirittura centimetri). L'importanza di questi microfattori sembra prevalere localmente rispetto ai mesofattori. La gestione a questo livello è piuttosto complicata da attuarsi, ma è fondamentale nella conservazione e mantenimento dei corpi di travertino.

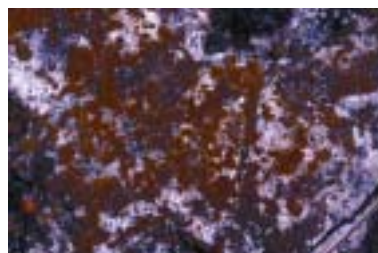
Occorre valutare attentamente le variazioni nel regime dei corpi idrici, anche in relazione allo sfruttamento idrico e a possibili mutamenti ambientali di tipo micro- e meso-climatico.

L'erosione presente in alcuni corpi di travertino non più attivi è un fenomeno in parte naturale, che esula dalla conservazione delle sorgenti petrificanti secondo la Direttiva Habitat. Tuttavia l'alterazione può essere arrestata solo se si pone come obiettivo il loro recupero nel medio-lungo periodo, modificando per esempio la portata e soprattutto l'irroramento sulla roccia. La modificazione del flusso che porta ad un irroramento di tutta la superficie del corpo di travertino potrebbe essere infatti sufficiente sia ad arrestare il processo di erosione, sia a promuovere la ricolonizzazione e il conseguente reinnesco del processo di deposizione del carbonato di Calcio.

Organismi fotosintetici delle sorgenti petrificanti

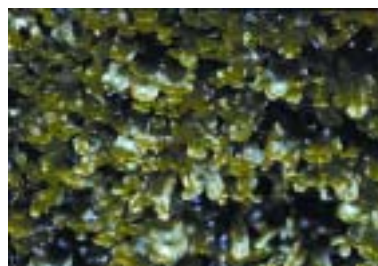
Trentepohlia aurea

Pur formando ciuffetti lanuginosi di colore rosso-arancio, questa alga appartiene alla divisione delle alghe verdi. Infatti il colore verde della clorofilla è mascherato da un pigmento chiamato carotenoidi, così denominato dal nome della pianta ricca in questo pigmento. Questa alga cresce sulle rocce non o saltuariamente interessate dal flusso d'acqua e quindi piuttosto asciutte. È diffusa ovunque, pur prediligendo ambienti ben esposti.



Pellia endiviifolia

Questa specie appartiene ad un gruppo particolare di briofite, le epatiche. Le piante posseggono una caratteristica struttura appiattita come una sottile lamina, chiamato tallo. Il nome specifico si riferisce al fatto che durante la stagione autunno-invernale l'apice del tallo si suddivide finemente, tanto che le colonie assumono l'aspetto di minuscoli cespi di cicoria indivia! È specie caratteristica di rocce e suoli umidi e ombreggiati. Talvolta partecipa al processo di travertinizzazione.



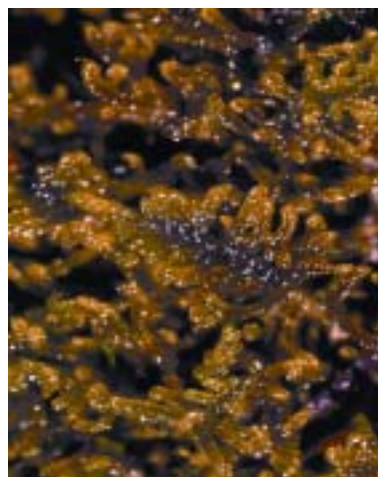
Hymenostylium recurvirostrum

Altra specie di muschio caratteristica delle sorgenti petrificanti, forma piccoli ciuffi di colore verde-giallastro. Presenta una struttura semplice, costituita da un semplice fusticino su cui sono inserite le foglioline. Cresce sempre in prossimità dell'acqua e se ben irrorato, si presenta quasi completamente ricoperto da incrostazioni calcaree e solo un ciuffetto di foglioline verdi emerge dal travertino. È alquanto diffuso e comune sulle rocce, in special modo quelle stillicidiose, o sommerso nei corsi d'acqua.



Palustriella commutata

Questo muschio è la pianta più comune e peculiare delle sorgenti petrificanti. Assume una colorazione giallo dorata e bruna se cresce in piena luce, oppure verde intenso se all'ombra. Sono caratteristiche le foglioline a forma di falce, con gli apici fogliari rivolti tutti verso una stessa direzione. Inoltre il fusto è regolarmente pennato, presentando tanti corti rametti laterali. Forma dense colonie sia su roccia sia su suolo, quantunque viva spesso completamente sommerso nei ruscelli o nelle cascatelle. Non sempre mostra tracce di incrostazioni calcaree, soprattutto se poco o per nulla irrorato dall'acqua.



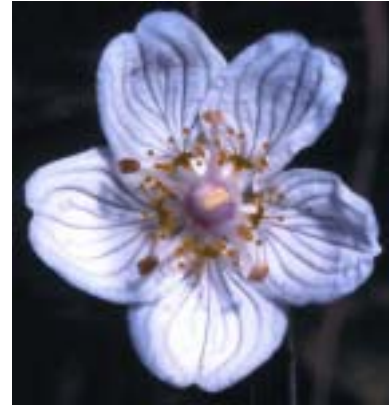
Adiantum capillus-veneris

Il capelvenere è una felce dalle leggiadre fronde, le cui foglioline posseggono una superficie cerosa che repelle l'acqua in piccole gocce. Infatti si rinviene sulle rupi stillicidiose, dove un incessante gocciolio di acqua asperge l'intera pianta. È una felce che predilige i climi caldi, essendo distribuita in prevalenza nel bacino mediterraneo. Piuttosto rara, vegeta soprattutto in nicchie scavate nella roccia, eludendo la luce diretta del sole. È specie protetta nel territorio della provincia.



Parnassia palustris

È probabilmente la pianta a fiore che produce le fioriture più vistose nell'habitat delle sorgenti petrificanti. Dalla tarda estate è possibile osservarla nei tratti superiori delle Valli Pedana e Pissavacca, dove cresce sulle rocce interessate dal processo di deposizione del travertino e sui pendii erbosi con scorrimento superficiale di acqua. Questa pianta è infatti tipica delle torbiere, cioè di ambienti dove si accumula materia organica indecomposta in presenza di una falda d'acqua affiorante, in particolare di quelle alcaline, cioè ricche di carbonati.



Pinguicula leptoceras

Questa piccola pianta a fiore è una specie carnivora che cattura piccoli insetti grazie alle foglie vischiose di cui è dotata. Compensa in questo modo la carenza di nutrienti nel suolo in cui vive, grazie alla digestione degli insetti catturati. Infatti cresce quasi sulla nuda roccia ricoperta da un sottile velo di acqua. In primavera è possibile osservare i fiori viola portati da un lungo scapo che si diparte dalla rosetta di foglie. Specie rara, si rinviene solamente in un breve tratto della Val Pedana.

